Über flüssige Isolatoren der Elektricität.

Von Dr. Edmund Reitlinger.

Nach Versuchen ausgeführt im k. k. physikalischen Institute.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 20. Jänner 1859.)

§. 1. Herr Professor Grailich hatte in den unter seiner Leitung stattfindenden Besprechungen am physikalischen Institute darauf aufmerksam gemacht, welche reichen Erfolge ein Studium der Faraday'schen Theorie des specifischen Inductionsvermögens verspricht. Diese Theorie ist auf das Innigste mit den gesammten Forschungen Faraday's im Gebiete der Elektricität verknüpft und seine Bestreitung der *actio in distans* lässt sich noch am besten durch die Thatsache des specifischen Inductionsvermögens stützen. Es stehen sich bei der Erklärung derselben vorzüglich zwei Meinungen entgegen, die von Faraday [1]) und die von Riess [2]) und anderen. Die letztere stützt sich auf das Eindringen der Elektricität in den Isolator, was selbst wieder von Riess in Folge der gewöhnlichen Theorie des Rückstandes der Leidner Flasche angenommen wird. Diese Theorie wurde aber von Kohlrausch [3]) in einer eigenen Arbeit bestritten und zwar sogar mit einem mathematischen Beweise der Unmöglichkeit, gegründet auf Beobachtungen am Sinuselektrometer. Während die ältere Theorie den Rückstand durch eingedrungene gleichnamige Elektricität entstehen lässt, erklärt ihn Kohlrausch durch im Isolator gebundene entgegengesetzte Elektricität. Bedenkt man den wesentlichen Unterschied der Theorie von Kohlrausch und der älteren, und die Disharmonie der letzteren mit der Faraday'schen

---

[1]) 11.—14. Reihe der Experimentaluntersuchungen über Elektricität.

[2]) Die Lehre von der Reibungs-Elektricität, Bd. I, p. 355.

[3]) Pogg. Ann. 91. Bd.

Vorstellungsweise, so ist die Besorgniss verzeihlich, auch die Riess'sche Erklärung bewege sich in einem Zirkel, wie dies so leicht möglich ist. — Es war daher vor allem nach einer festen Theorie des Residuums zu streben, bevor man weitere Schlüsse darauf baute.

Indem ich näher bedachte, dass sowohl Faraday als Siemens für tropfbare Flüssigkeiten ein von dem der Gase verschiedenes, für verschiedene Flüssigkeiten variirendes specifisches Inductionsvermögen angeben, und dass Riess die Erklärung des specifischen Inductionsvermögens auf den elektrischen Rückstand gegründet hat, so kam ich auf den Gedanken, vor allem zu prüfen, ob bei isolirenden Flüssigkeiten ein elektrischer Rückstand vorhanden sei oder nicht. Ich verfolgte den Gedanken, eine Leidner Flasche mit flüssigen Isolatoren zum ersten Gegenstand meiner Beobachtungen zu machen, mit um so mehr Eifer, als ich auch hoffte, die freie Beweglichkeit der flüssigen Theilchen werde mir manche Beobachtung über die Vorgänge im Innern des Isolators ermöglichen, die mir ein starrer Isolator nicht gestatten konnte. Eine Reihe von Versuchen in dieser Richtung übertraf meine Erwartungen, gab mir eine völlig neue Vorstellung über flüssige Isolatoren, bewies mir die Unhaltbarkeit der bisherigen Vorstellungen in diesem Gebiete und zeigte mir eine ganze Reihe neuer ebenso auffallender als belehrender Erscheinungen. Obwohl ich diese experimentellen und theoretischen Ergebnisse bezüglich flüssiger Isolatoren bis jetzt mehr qualitativ als quantitativ studiren konnte, hielt ich doch das bisher Festgestellte bereits für zu wichtig, um es länger zurück zu halten.

§. 2. Ich habe mich anfänglich des folgenden, nach meiner Angabe vom Mechaniker Herrn Sedlaczek ausgeführten Apparates bedient, durch welchen ich bezweckte, eine Leidner Flasche mit flüssigen Isolatoren herzustellen.

Es wurde ein Glasgefäss von ungefähr 10 Zoll Höhe und 4 Zoll Weite an den inneren Seitenwänden mit Staniol so belegt, dass die Belegung vom Boden des Gefässes noch ungefähr $1/2$ Zoll, von der oberen Öffnung desselben noch ungefähr $1\,1/2$ Zoll abstand, und dass die Belegung durch einen über den oberen Rand und die äussere Wandung des Gefässes in sehr geringer Breite fortgeführten Metallstreifen mit dem Boden in leitender Verbindung stand. Dieses Gefäss

war bestimmt, mit den Flüssigkeiten gefüllt zu werden. Als innere Belegung musste eine Metallröhre dienen, die mittelst einer Hartgummischeibe, in welche die Röhre passte und die quer über die Öffnung des Glasgefässes gelegt wurde, in der Mitte des Glasgefässes festgestellt werden konnte. Die Röhre war oben mit einem Metallplättchen verschlossen, auf welchem eine Metallkugel aufsass.

Dieser Apparat wurde bis über die Höhe der äusseren Belegung, die sich, wie gesagt, bei meiner Zusammenstellung an der inneren Wand des Glasgefässes befindet, mit Terpentinöl gefüllt. Ich liess später nach demselben Princip einen vollkommeneren Apparat anfertigen, dessen Glasgefäss über 1½ Fuss hoch und 6 Zoll breit ist, und dessen Ableitung in die Erde, so weit sie sich im inneren Raume des Gefässes befand, mit Schellack überzogen wurde, ein Überspringen von der inneren zur äusseren Belegung durch die Luft zu verhindern. In Bezug auf die innere Belegung hielt ich mich nun genauer an das Modell der gewöhnlichen Leidner Flasche.

Eine hohle Messingröhre, am Boden durch ein Kugelsegment geschlossen, hatte drei mit Schellack befestigte Glasfüsschen, auf welchen die Röhre isolirt am Boden des Gefässes steht. So hoch wie die äussere Belegung, geht sie als cylindrische Röhre von ungefähr 1 Zoll Durchmesser. In dieser Höhe ist sie wieder abgerundet verschlossen, und eine Röhre von ungefähr 1½ Linien Durchmesser und etwa 7 Zoll Länge, ist in ihrer Mitte aufgeschraubt, welche dünne Röhre oben eine Metallkugel von ¾ Zoll Durchmesser trägt. Man sieht, es ist dies völlig der gewöhnlichen Leidner Flasche nachgebildet. Die dünne Röhre mit ihrer Kugel kann man abschrauben, und mit einer für sie passenden mit Schellack überzogenen Glasröhre, die selbst wieder in einer eben so vor Feuchtigkeit geschützten Glasplatte festsitzt, versehen wieder festschrauben, was dazu dient, dem Apparate bei manchen Versuchen mehr Stabilität zu geben.

Bei beiden Apparaten wurde, nachdem sie mit Terpentiöl bis über die Staniol-Belegung gefüllt waren, die innere Belegung durch den Knopf der Metallröhre mit dem positiven Conductor einer mittelgrossen W i n t e r'schen Elektrisirmaschine verbunden und versucht, sie als Leidner Flaschen zu laden. Nach kurzer Zeit wurde ein leb-

haftes Wallen des Terpentinöls bemerkbar, und bei aufmerksamer Betrachtung sah ich, dass eine sehr dünne aber scharf geränderte Schichte an der inneren Glaswand über die Oberfläche der Flüssigkeit empor steige. Diese Schichte hatte eine zackige Gestalt und stieg an verschiedenen Punkten der Glaswand ungleich hoch. Bei fortgesetztem lebhaften Wirken der Elektrisirmaschine konnte sie an einzelnen Stellen bis zum Überfliessen gebracht werden. Entfernte ich nach solcher lebhafter Elektrisirung den Zuleiter und untersuchte, ob eine Flaschenladung vorhanden war, so fand ich keine Ladung.

Nachdem ich Terpentinöl in allen Schriften als sehr guten Isolator bezeichnet gefunden hatte, war ich von einem solchen Resultate im höchsten Grade überrascht, so wie mir auch das Wallen der Flüssigkeit und das Schichtenaufsteigen als äusserst beachtenswerthe Erscheinungen vorkamen. Um das Wallen der Flüssigkeit näher zu studiren, brachte ich einige Korkstückchen auf ihre Oberfläche, die ein lebhaftes Hin- und Herschiessen zwischen der inneren Röhre und der über der Belegung frei befindlichen Glaswand beobachten liessen.

Obwohl diese Erscheinung nur als elektrischer Tanz der auf der Oberfläche der Flüssigkeit sehr leicht beweglichen schwimmenden Korkstückchen zu betrachten ist, brachte sie mich doch auf die Vermuthung, die alle von mir auch später beobachteten Erscheinungen zu erklären ausreichte, ja mich bei Aufsuchung der Erscheinungen vorzüglich leitete und endlich durch die Zusammenstellung sämmtlicher von §. 2 bis §. 5 beschriebenen Versuche zur Evidenz gebracht wurde.

Man konnte doch nicht ohne Grund Terpentinöl in allen Werken über Elektricität als guten Isolator angegeben haben, und da Faraday sagt [1]: „Wohl gereinigtes Terpentinöl, welches, wie ich gefunden, ein für die meisten Zwecke vortrefflicher flüssiger Isolator ist“, so musste ich überzeugt sein, dass sich die Angabe Öle seien Isolatoren, auf Thatsachen stütze [2]. Dies verbunden mit den eben

---

[1] Experimental-Untersuchungen, 11. Reihe, 1172.

[2] Ich suchte in dieser Abhandlung, so weit es ohne Nachtheil der Klarheit und Übersichtlichkeit geschehen konnte, den historischen Gang meiner Untersuchung zu berücksichtigen.

Der Verf.

mitgetheilten von mir betrachteten Erscheinungen brachte mich auf die Idee, dass flüssige Isolatoren von einer eigenthümlichen, nun näher zu bezeichnenden Beschaffenheit sind. Sie setzen der Mittheilung der Elektricität und dem Übergang der elektrischen Spannung von einem Theilchen der Flüssigkeit zu einem andern zwar einen gewissen, nach Spannung und Zeitdauer verschiedenen Widerstand entgegen, da aber die Theilchen selbst als Theilchen einer Materie im flüssigen Aggregat-Zustande leicht beweglich sind, so bewirken sie zwischen zwei elektrisirte gute Leiter gebracht, wie beim elektrischen Tanz hin- und herschiessend, eine successive Entladung, indem sie zugleich sich selbst wechselseitig abstossen. Die Theilchen verschiedener isolirender Flüssigkeiten sind, wie sich von selbst versteht, in den beschriebenen Verhältnissen und Eigenschaften so verschieden wie in anderen natürlichen Attributen.

Wird, wie bei meiner früher beschriebenen Zusammenstellung, einer isolirt aufgestellten grossen Metallfläche, die durch Terpentinöl von einer andern grossen Metallfläche getrennt ist, Elektricität zugeleitet, so genügt die successive Entladung durch hin- und herschiessende Theilchen, keine Ladung zu gestatten, wie es mich eben das Experiment lehrte.

Benützte ich aber die schon angesammelte grosse Elektricitäts-Menge einer gewöhnlichen Leidner Flasche und tauchte mit der innern und äussern Belegung verbundene Dräthe in möglichst grosser Entfernung in eine Glasschale, gefüllt mit Terpentinöl, so bekam ich noch nach 5—10 Minuten sehr merkliche Entladungsfunken mit dem gewöhnlichen Auslader. Zugleich war in der Glasschale ein lebhaftes Hin- und Herschiessen der Terpentintheilchen sichtbar. Das Nähere über diese letzteren Versuche findet man im §. 5.

Ich glaube hierdurch berechtigt zu sein, die von mir angegebene neue Vorstellungsweise flüssiger Isolatoren weniger eine Hypothese als vielmehr den exacten Ausdruck der Thatsachen in wissenschaftlicher Sprache nennen zu dürfen.

Nachdem ich so den Leser auf den richtigen Gesichtspunkt bezüglich meiner Untersuchungen gestellt habe, werde ich im gegenwärtigen Paragraphe mit der Beschreibung und Erklärung sämmtlicher mit dem ersten Apparat angestellten Versuche fortfahren und dieselbe vorläufig vollenden.

Eine in der Mitte zwischen beiden Belegungen in den Terpentin gesteckte glatte, so wie auch eine später hineingesteckte matte Glasröhre zeigten beide wenig oder gar kein Schichtenaufsteigen. Ein über die Hartgummi- und Glasscheibe gelegtes Metallröhrchen von einer Länge, welche der des Gefässes ungefähr gleich war und das mit zwei kleinen Metallkugeln an beiden Enden geschlossen war, zeigte eine Anziehung der Schichte auch wenn es mit der inneren Metallröhre in Verbindung war. Ein genäherter Leiter, der unelektrisch war, wie zum Beispiel ein Finger der Hand, zog die Schichte an.

Die Gesammt-Combination der eben geschilderten Erscheinungen scheint mir zu zeigen, dass wir es bei dieser dünnen Schichte mit einer Zusammenwirkung der Abstossung gleichnamig elektrisirter Theilchen mit Adhäsion und noch einer Mitwirkung elektrischer Vertheilung an der Glasfläche zu thun haben, daher die Erscheinung in dieser Form ihren Werth mehr als die erstbeobachtete, denn als die lehrreichste hat. Sie lässt sich wohl durch meine Ansichten erklären, während sie ohne denselben ein unerklärtes und vielleicht auch unerklärliches Factum wäre, doch wohnt ihr selbst nicht jene springende Beweiskraft für meine Theorie und überzeugende Durchsichtigkeit inne, die mit Recht bei neuen Theorien verlangt wird. Überhaupt sind theoretisch immer die einfachsten Phänomene, so zu sagen Fundamental-Phänomene die lehrreichsten. Solche findet man für die theoretischen Zwecke dieser Abhandlung in hinlänglich genügender Menge am Anfange dieses Paragraphes, ferner im §. 3 und §. 5. Complicirte Erscheinungen haben dagegen den Vortheil, oft in mehrfacher Beziehung anregend zu sein, wie mich der eben geschilderte Versuch nicht nur zu dieser Abhandlung, sondern auch noch zu einer ferneren Untersuchung über die Wechselwirkung von Capillarität und Elektricität anregte.

Ich bin durch die Gesammtbeobachtung der Erscheinungen zu einer Unterscheidung von zweierlei Schichtenaufsteigungen genöthigt worden. Die eine ist die schon beschriebene dünne und so zu sagen stille, wo allem Anscheine nach das anziehende Glas ein mindestens ebenso wirksamer Factor ist als die Abstossung der gleichnamig elektrisirten Theilchen der isolirenden Flüssigkeit, und eine dicke und sehr lebhafte, die ein glänzendes Schillern und Schimmern,

ein heftiges Zucken und Wallen durch hin- und herschiessende Theilchen dem Auge darbietet [1]).

Näheres über diese für die gegenwärtige Abhandlung besonders wichtige Art der Schichtenaufsteigung, in welcher die abstossende Kraft der gleichnamig elektrisirten Flüssigkeitspartikelchen überwiegend influenzirt, enthält der nächste Paragraph. Weil ich sie aber bei einem zunächst zu beschreibenden Versuch mit den Apparaten, die ich in diesem Paragraphe betrachte, auch erhalte, so musste ich sie schon hier erwähnen.

Ich löste nämlich an dem früher beschriebenen zweiten und vollkommeneren Apparat den in die Erde ableitenden Staniolstreifen an der unteren Hälfte der äusseren Belegung ab, und leitete sodann der innenstehenden Metallröhre Elektricität zu. Hier war ein heftiges Aufschiessen einer dicken Schichte, die ein lebhaftes Zucken und Hin- und Herströmen flüssiger Theilchen zeigte bis zu einer Höhe von 8—10 Linien nach kurzer Zeit bemerklich. Näherte man sich der äusseren Glasfläche an den unteren Theilen des Gefässes, so erhielt man Funken, die offenbar von der Flaschenladung der äusseren Glasfläche durch die elektrisch gewordene Belegung der inneren Glaswand herrührten, durch welche ja die gleichnamige positive an der äusseren Glaswand frei wurde und daher Funken geben konnte. Bei diesem Experiment war eine starke Ladung der Flüssigkeitstheilchen vorhanden, die theils von sich selbst, theils von der gleichnamigen Staniolbelegung abgestossen wurden, daher das heftige Aufsteigen. Die Schichte selbst bot sowohl in Bezug auf das Glas, als in Bezug auf genäherte Leiter alle im nächsten Paragraphe speciell zu beschreibenden Erscheinungen, wie sie überhaupt im ganzen Verhalten völlige Identität mit der im §. 3 betrachteten Schichtenerscheinung zeigt, nur von der an das Glas gegenüber der Metallbelegung angelegten Hand wurde sie so heftig abgestossen, dass sich trockene Stellen zwischen der Oberfläche des Terpentins und einzelnen Schichtenpartien bildeten. Dies hat dieselbe Ursache wie dass Funken überspringen. Die Hand wird durch die freigewordene Elektricität der äusseren Glaswand positiv und muss daher

---

[1]) Für den Experimentator bemerke ich, dass sich die Erscheinung bei Lampenbeleuchtung schöner als bei Tageslicht ansieht. Der Verfasser.

die mit gleicher Elektricität geladenen Theilchen in der Schichte abstossen.

Zur Controle machte ich bei beiden Apparaten auch Versuche mit Wasser und in einem besondern Fall mit Alkohol im rectificirtesten Zustande, in welchem er im gewöhnlichen Handel vorkömmt. Bei ableitender Verbindung mit der Erde bekam ich eben so wenig als bei Terpentin Ladungen, aber auch keine Schichtenaufsteigungen was für den Zusammenhang der letzteren mit der isolirenden Eigenschaft des Terpentins in dem Sinne, wie ich von flüssigen Isolatoren rede, indirect Zeugniss ablegt.

Wenn ich bei beiden Apparaten Luft als Isolator benützte, so bekam ich Ladungen obwohl natürlich keine Residua; was zeigt, dass Luft sich besser als Terpentin zum Isolator einer Leidner Flasche in meiner Zusammenstellung eignet, was selbst wieder in schönster Harmonie mit meiner Grundvorstellungsweise flüssiger Isolatoren.

§. 3. Bei der Auffindung der in diesem Paragraphe zu beschreibenden Experimente leitete mich vorzüglich der Gedanke, am lehrreichsten müsse sein, die Abstossung gleichnamig elektrisirter Theilchen flüssiger Isolatoren möglichst abgesondert von anderen Erscheinungen dem Studium zu unterwerfen.

Zu diesem Zwecke nahm ich ein Glasgefäss ohne alle Belegungen oder sonstige Zurüstungen, ungefähr von den Dimensionen des im vorigen Paragraphe erwähnten kleineren Glasgefässes, und füllte es bis ungefähr 1 Zoll vom oberen Rande mit Terpentinöl. In dasselbe stellte ich meine kleinere Röhre und leitete derselben Elektricität vom positiven Conductor der Elektrisir-Maschine zu. Die Flüssigkeit kam sogleich in Bewegung und nach einer kurzen Zeit zeigte sich ein stossweises Streben zur Schichtenaufsteigung, was bei fortgesetzter Zuleitung in die Bildung einer dicken und lebhaft bewegten Schichte von 4—6 Linien überging. Dieser letztere Process konnte beschleunigt und verstärkt werden, wenn man aussen über der Oberfläche die Hand mit vorgestrecktem Zeigefinger dem Glasgefässe näherte, worauf ich im Verlauf dieses Paragraphes noch näher zurückkomme. Über der dicken, lebhaft bewegten Schichte war noch eine dünnere, die bei fortgesetztem Elektrisiren bis zum Ausfliessen kam. Ich nahm sodann ein Glasgefäss, etwas höher als das im vorigen Paragraphen erwähnte, aber nur von einem Durchmesser von ungefähr 3 Zoll und von sehr dicken Wänden. Ich stellte die

grössere und vollkommenere Röhre mit den Glasfüssen hinein, füllte das Gefäss bis $1\frac{1}{2}$ Zoll vom Rande mit Terpentinöl und wiederholte mit gleichem nur etwas verstärktem Erfolge die eben erwähnten Versuche. Sehr auffällig war vor allem, dass in allen Fällen, wo eine dickere Schichte sichtbar ist, selbst nach Unterbrechung der elektrischen Zuleitung, diese Schichte nicht sogleich zurück fliesst, sondern erst nach sehr langer Zeit, ja dass sie kurz nach der Unterbrechung der Zuleitung sogar noch manchmal steigt, dass das Zucken, Wallen, Hin- und Herschiessen von Theilchen gleichfalls nach der Unterbrechung noch fortdauert. So auffällig es aber auch sein mag, es erklärt sich vollständig aus meiner Grundansicht über isolirende Flüssigkeiten. Die Theilchen behalten in Folge des schweren Überganges der Elektricität von Theilchen zu Theilchen ihre elektrischen Ladungen lange Zeit, stossen einander ab, und diese Abstossung in Verbindung mit der Adhäsion des Glases erklärt das Aufsteigen. Das Hin- und Herfliessen der Theilchen, das Zucken und Wallen der Schichte erklärt sich aus successiven Entladungen der Theilchen der Flüssigkeitsschichte an das Glas, namentlich an den Stellen, wo die Schichte aufhört. Näherte ich dem Knopfe der Metallröhre dem auf der andern Seite ableitend berührten Auslader, so sprang ein lebhafter Funke über. Berührte ich den Knopf mit dem Auslader und entfernte diesen sodann nur wenige Augenblicke, so erhielt ich wieder einen lebhaften Funken. Näherte ich mich dem Knopfe mit der Metallkugel des Ausladers bis auf ungefähr 6 Linien, so dass ein Funke übersprang, und blieb ruhig in dieser Entfernung, so sprang von Zeit zu Zeit in ungefähr gleichen Intervallen immer wieder ein Funke über; ich beobachtete dies über 10 Minuten ohne sichtbare Abnahme. Ich konnte die Metallröhre herausnehmen und wieder hineinstellen, und bekam auf's neue Funken.

Besonders merkwürdig waren aber bei den eben erwähnten Versuchen die begleitenden Bewegungen der Flüssigkeit und namentlich der lebhaft bewegten Schichte, welche Schichtenform ich im Rest der Abhandlung immer meinen werde, wenn ich Schichte ohne weiterem Zusatze sage.

Bei jedem Überspringen eines Funkens war, bevor der Funke übersprang, wenn aber die Kugel des Ausladers schon genähert ward oder sich bereits in der Nähe des Knopfes der Röhre befand, erst ein langsames Herabsinken der Schichte bemerklich. Im Momente des

Funkenüberspringens war ein ausserordentlich lebhaftes und schnelles Zucken in der Flüssigkeits-Schichte sichtbar, die dabei zuerst nach abwärts, dann zurück nach aufwärts nahe zu in ihre frühere Stellung fuhr. Bleibt der Auslader in seiner relativen Lage zum Knopfe unverändert, so steigt die Schichte gleich nach dem Funkenüberspringen etwas, sinkt dann wieder langsam und bietet alle Erscheinungen, wie oben erzählt, wieder dar, indem nach einiger Zeit ein neuer Funke überspringt.

An der Stelle, wo die Flüssigkeit die Metallröhre berührt, ist auch bei jedem einzelnen Funkenüberspringen ein lebhaftes Zucken bemerklich. Eines Tages stellte ich, nachdem ich das Terpentinöl weggegeben hatte, den Zuleiter nochmals in das Glasgefäss. Da ich weder das Glasgefäss noch die Metallröhre abgetrocknet hatte, so hatte ich an den Glasfüsschen der letzteren eine gut sichtbare Flüssigkeits-Schichte. Wurde nun Elektricität dem Knopfe der Metallröhre zugeleitet, so zeigten sich schwache Ladungen und Residua. Sehr auffallend war aber ein zischendes Zucken in der Flüssigkeits-Schichte an den Glasfüssen bei jedem Funkenüberspringen. Einige Flocken organischer Substanz gestatteten mir bei meinen letzten Versuchen in dieser Richtung zu bemerken, dass auch wenn das Gefäss mit Terpentinöl gefüllt ist, jedes Ausladen und Funkenüberspringen am oberen Knopfe bis in die untersten Regionen des Gefässes eine Bewegung der Flüssigkeits-Theilchen hervorbringt. Eine zwischen den Glasfüsschen befindliche Faser zeigte bei jedem Funkenüberspringen eine lebhafte Zuckung, auch war in der ganzen Flüssigkeit während des geladenen Zustandes ein immerwährendes Auf- und Abwallen bemerkbar. Berührte ich den Knopf der Metallröhre dauernd, so fand eine langsame stätige Entladung Statt, wie ich mich durch einzelne Unterbrechungen derselben, bei denen ich sogleich Funken erhielt, überzeugen konnte. Während dieses ableitenden Berührens wird die Schichte continuirlich hinabgedrückt und ihre Flüssigkeit fliesst in das Gefäss zurück.

Die Oberfläche der Flüssigkeit zeigt aber während der ganzen Zeit der entladenden Berührung eine lebhafte wallende Bewegung, zum Beweise, dass die Ausladung in derselben Weise wie die Ladung, nur mit dem umgekehrten Gange geschieht. Flüssigkeits-Theilchen schiessen zur Metallröhre, laden an derselben aus und werden von andern, die noch geladen sind und gleicherweise ausladen wollen,

verdrängt. Doch denke ich mir auch gleichzeitig eine langsame Ausgleichung des Elektricitätszustandes der flüssigen Theilchen, da es keine absolute Isolation gibt. Zum noch tieferen Eindringen habe ich mir Mittel erdacht, die man später näher auseinandergesetzt findet. Die auf den letzten Seiten beschriebenen Erscheinungen in der Flüssigkeits-Schichte sind so weit entfernt der Erklärung durch meine Grundvorstellung flüssiger Isolatoren Schwierigkeiten darzubieten, als sie vielmehr eine doppelte Erklärung nach derselben zulassen.

Die Abnahme in der Abstossung der Theilchen, die sich in der Flüssigkeits-Schichte befinden, wodurch ihr Herabsinken bedingt ist, kann man sich auf zweierlei Art verursacht denken. Einerseits schiessen bei der Ausladung elektrische Theilchen der Flüssigkeit zur Röhre hin, und daher entfernen sich weniger elektrische, die sich der Glaswand nähern und die Schichte viel weniger abstossen können, als die früher daselbst befindlichen mehr elektrischen.

Anderseits findet auch eine obwohl langsame Ausgleichung der elektrischen Ladungen oder Spannungen der elektrischen Theilchen Statt, mit welcher Verminderung eine Verminderung der Abstossung der Theilchen und daher eine Abnahme der Schichtenhöhe gleichen Schritt hält. Im nächsten Paragraphe wird man einen experimentalen Beweis finden, dass die Höhe der Schichte und daher die Abstossung der elektrischen Theilchen des flüssigen Isolators wirklich eine mit der elektrischen Ladung oder Spannung des Isolators gleichzeitig steigende und fallende Function der Ladung oder Spannung ist; ich mache hier im vorhinein auf diesen experimentellen Beweis aufmerksam.

Ich glaube aber eben daher, dass die hier betrachteten Erscheinungen aus einer Zusammenwirkung der Spannungsverminderung und der Bewegung zur Röhre entstehen.

Zur Controle wiederholte ich diese Versuche mit Wasser statt Terpentinöl. Ich bekam keine Spur einer Schichtenaufsteigung. Ein sehr schwaches Wallen glaubte ich zu bemerken, kann es aber nicht verbürgen. An der äusseren Glasfläche bekam ich, wenn ich den Knöchel eines Fingers näherte, lebhafte Funken; offenbar wirkt hier das Wasser völlig als guter Leiter. Wir haben daher eine Leidner Flasche die innen Belegung, aussen keine hat, und daher ist

auf der äussersten Glasfläche negative Elektricität gebunden, positive frei, welche überspringt.

Zuweilen bekömmt man wohl auch, wenn Terpentin innen ist, solche Funken, aber viel schwächer, wie natürlich. Terpentin hat als Isolator seine Elektricität auch im Innern angehäuft, Wasser als guter Leiter an der Begrenzungsfläche, muss daher im Glase eine viel stärkere Flaschenladung hervorbringen. In den Entladungen, namentlich im Funkenüberspringen bemerkte ich viel weniger sichtbare Unterschiede als ich erwartet. Das Funkenüberspringen beim Wasser beruht auf der Leidner Flasche mit Glas als Isolator und deren Residuis. In wie ferne diese Erklärungsweise beim Terpentin auch in dieser Hinsicht nicht allein genügt, sondern noch die isolirende Beschaffenheit desselben mit in Betracht kommt, behalte ich späteren Mittheilungen vor, experimentell und theoretisch zu erläutern.

Ich versprach früher in diesem Paragraphe auch noch die Verstärkung der Schichtenaufsteigung durch den genäherten Finger näher zu betrachten. Jeder gute Leiter, der unelektrisch der Flüssigkeitsschichte genähert wird, zieht nach meinen Beobachtungen die Flüssigkeitsschichte an.

Eine der hübschesten Beobachtungen dieser Art war folgende: Ich näherte dem Glasgefässe während noch fortdauerndem Wallen einer 3—4 Linien hohen Schichte die hohle Hand von aussen etwas unter der Oberfläche der Flüssigkeit, gerade als wollte ich das Glasgefäss umspannen. Ich that dies ziemlich rasch, und im Verhältnisse der Schnelligkeit meiner Handbewegung zog sich die Flüssigkeitsschichte gänzlich unter die Oberfläche der Flüssigkeit zurück, nach kurzer Zeit entstand aber, obwohl die Hand genähert blieb, ein neues Aufsteigen, welches nach und nach die frühere Höhe erreichte. Die Anziehung der guten Leiter entsteht ganz einfach durch Vertheilungswirkung der Terpentintheilchen. Das neue Aufsteigen bei dem zuletzt erwähnten Versuche kömmt von aus dem Inneren der geladenen Flüssigkeit nachdrängenden Theilchen. Eben so wie die Schichten von unelektrischen guten Leitern angezogen werden, werden sie natürlich von ungleichnamig elektrisirten angezogen, von gleichnamig elektrisirten abgestossen.

Ein fernerer Versuch bestand darin, dass ich, nachdem ich die Flüssigkeit stark mit Elektricität geladen und eine heftige Schichtenaufsteigung hervorgebracht hatte, die Röhre heraus nahm und dann

dem Mittelpunkte des im Gefäss befindlichen Terpentinöls den Finger näherte. War der Finger noch hoch, so stieg ihm die Schichte entgegen. War er aber näher, so dass zwischen der mittleren Oberfläche des Terpentinöls und dem genäherten Finger eine stärkere Bindung der Elektricitäten stattfinden konnte, so begann die Flüssigkeitsschichte zu sinken, dieses Sinken fand nun während der weiteren Annäherungen continuirlich Statt und erklärt sich genau wie das Sinken der Flüssigkeitsschichte bei Entladungen.

Wurde der Finger mehr genähert, bemerkte man ihm gegenüber in der Flüssigkeit eine lebhafte Bewegung, wie um ihm entgegen zu steigen. War er bei stärkerer Ladung bis auf 4—5 Linien genähert, so stieg ihm eine Flüssigkeitssäule entgegen, die in ähnlicher Form wie eine Trombe zwischen dem Finger und der Oberfläche der Flüssigkeit schwebte und in deren Innerem man eine lebhafte Bewegung wahrnahm. Auch diese Erscheinung erklärt sich von selbst nach der von mir angenommenen Vorstellung flüssiger Isolatoren. Hier scheint mir am meisten beachtenswerth die Verschiedenheit, dass man bei geladenem Wasser (wie längst bekannt und wie ich auch selbst schon beobachtete) mit dem genäherten Finger Funken zieht, beim Terpentinöl aber eine entgegensteigende Flüssigkeitssäule erhält. Es scheint mir dies nämlich sowohl zu bestätigen, dass die Elektricität bei Terpentinöl als Isolator nicht blos an der Oberfläche haftet, dies aber beim Wasser als gutem Leiter der Fall ist, als auch wahrscheinlich zu machen, dass der isolirende Widerstand ein gewisses Festhalten der Elektricität (eine gewisse Anziehung der elektrischen Materien) durch die kleinsten Theilchen des Isolators ist.

Die schon im vorigen Paragraphe erwähnte kurze Metallröhre mit den 2 Kugeln legte ich bei einigen andern Versuchen quer über das im Anfang dieses Paragraphes erwähnte kleine Glasgefäss, das mit dem elektrisirten Terpentinöl gefüllt war, und erhielt hierbei den übrigen in diesem Paragraphe erwähnten Beobachtungen analoge Erscheinungen, nur mit jenen Modificationen, die der Process der Vertheilung im Unterschiede der Mittheilung bedingte. So können wir für beiderlei Classen elektrischer Erscheinungen nähere Aufschlüsse von den flüssigen Isolatoren erwarten.

Als ich die schon im vorigen Paragraphe erwähnte matt geschliffene Glasröhre in die Flüssigkeit zwischen der Röhre und der Glaswand bei einem der im Anfang dieses Paragraphes beschrie-

benen Versuche eintauchte, so glaubte ich in diesem Falle eine Schichtenaufsteigung bemerkt zu haben, die ich eben darum nicht als unzweifelhaft hinstellen kann, weil die Capillarität durch den matten Schliff auch in Betracht kömmt.

Im Inneren der Röhre bemerkte ich ein Aufsteigen der gesammten sie erfüllenden Flüssigkeit, als ich die Flüssigkeit zu laden begann. Die nähere Besprechung dieser Erscheinung muss ich aber einer späteren schon im vorigen Paragraphe angedeuteten Untersuchung mit dem Titel „Capillarität und Elektricität isolirender Flüssigkeiten“ [1]) vorbehalten.

Bevor ich diesen Paragraph schliesse, muss ich noch erwähnen, dass ich einige der in demselben beschriebenen Experimente mit der Zuleitung vom negativen Conductor wiederholte, aber ohne qualitative Unterschiede.

Ebenso wiederholte ich in neuester Zeit einige dieser Experimente mit Steinöl, und fand dieselben Bewegungs-Erscheinungen wie beim Terpentinöl, nur noch schöner und auffallender.

§. 4. Indem ich bereits meine Vorstellung von flüssigen Isolatoren in meinen Gedanken benützte, sann ich darüber nach, wie ich eine bedeutende Verstärkung der Schichtenaufsteigung bewirken könne. Ich kam hiebei auf 2 Hilfsmittel, von denen das eine in seiner Anwendung den Gegenstand dieses Paragraphes bildet, das andere in seinen Resultaten bei Gelegenheit einer der fortsetzenden Abhandlungen zur Veröffentlichung kommen wird. Ich bemerke daher vorläufig nur in aller Kürze, dass das letztere in dem Kunstgriffe besteht, die Vorgänge unter dem Recipienten einer Luftpumpe zu beobachten.

Das Hilfsmittel, das bei den Versuchen die in diesem Paragraphe beschrieben werden, angewandt wurde, war anderer Art. Ich stellte nämlich die lange und enge Glasröhre, die bei den Versuchen des §. 3 gedient hatte, in das grössere im §. 2 beschriebene Gefäss und zwar so, dass beide Gefässe concentrisch waren. In das innen befindliche engere Gefäss stellte ich die Röhre mit den

---

[1]) Den Gedanken, den Zusammenhang von Capillarität und Elektricität bei Flüssigkeiten zu untersuchen, betrachte ich als neuen, da doch auch die vor mehr als 100 Jahren von Nollet veranstaltete Untersuchung über die Beschleunigung der Ausflussgeschwindigkeit des Wassers durch Elektricität offenbar einen hievon wesentlich verschiedenen Gegenstand behandelt.

drei Glasfüsschen. Ich füllte hierauf beide Gefässe mit Terpentinöl so lange, bis dasselbe die äussere Belegung etwas überragte und in beiden Gefässen gleich hoch stand. Leitete ich nun dem Knopf der innen befindlichen Metallröhre Elektricität zu, so entstand ein lebhaftes Wallen im inneren und äusseren Glasgefässe, und ein 3faches Schichtenaufsteigen an allen drei der Flüssigkeit dargebotenen Glasflächen. Die an der inneren Wand des äusseren Gefässes bemerkbare Schichte schien mir von jener Art, die ich die dünne und stille genannt habe. An beiden Wänden des inneren Glasgefässes sah man aber zwei dicke, sehr flüssigkeitsreiche und äusserst lebhaft bewegte Schichten emporsteigen, von welchen die an der inneren Wand stets ein beträchtliches höher stand als die an der äusseren. Das in der Beschreibung dieses Versuches anfänglich erwähnte innere Glasgefäss überragte die Oberfläche der Flüssigkeiten um ungefähr 3″ und doch stiegen dünne Ausläufer der inneren Schichte bis nahe zu an den Rand. Ich wendete bei anderen Versuchen dieser Zusammenstellung auch ein niedrigeres Glasgefäss als innere Scheidewand an, welches die Flüssigkeit nicht ganz um $1^1/_2$″ überragte, und da fand ein Überströmen der Flüssigkeit über die Glaswand Statt. Es ist mir höchst wahrscheinlich, dass von der inneren Flüssigkeit mehr zur äusseren, als verkehrt überströme, und dass daher bei dieser Art der Communication der Flüssigkeiten die inneren im Niveau sinken, die äussere im Niveau steigen werde. Doch habe ich es noch nicht constatirt und werde dies in meinem nächsten Berichte an die hohe Akademie über meine weiteren Forschungen in diesem Gebiete nachtragen. Das sehr vermehrte Schichten-Aufsteigen in dieser Zusammenstellung war leicht vorauszusehen, da wir es nun wirklich mit Flaschenladung zu thun haben, und daher der Abstossung der Theilchen noch von der anderen Seite eine Anziehung zu Hilfe kam, um die Flüssigkeitstheilchen aufs heftigste gegen die Glaswände und eben desswegen an denselben emporzutreiben. Bei Funkenentladung zeigte sich ein lebhaftes Zucken in den beiden Flüssigkeitsschichten an den Wänden des inneren Gefässes. Ebenso fand beim Entladen der im Centrum befindlichen Metallröhre ein Sinken beider erwähnter Flüssigkeitsschichten Statt. Mit einem Worte, diese beiden Schichten verhielten sich ganz genau so, wie man es nach meiner im §. 2 aufgestellten Verstellungsweise und nach den Erfahrungen des §. 3 erwarten musste.

Eben desshalb ist ihr Verhalten aber ein vortreffliches Hilfsmittel für mich und andere Physiker bei unsern ferneren Forschungen, dessen Tragweite sich noch gar nicht bestimmen lässt. Da ich den positiven Conductor verwendet hatte, so war es klar, dass die Flüssigkeit im inneren Gefässe positiv, die im äusseren Gefässe negativ sein musste. Ich constatirte es jedoch überdies mit Hilfe eines Strohhalm-Elektrometers.

Nach dieser Constatirung der entgegengesetzten Elektricitäten im inneren und äusseren Gefässe war es unzweifelhaft, dass wir es bei diesem Apparat mit einer eigenthümlichen Verstärkungsflasche zu thun haben, deren Isolator das Glas des inneren Glasgefässes ist. Nun ist es eine längst durch Versuche bewiesene Wahrheit, dass die elektrische Spannung der äusseren Belegung der Flasche stets nach einem gewissen constanten Verhältniss, das von Dicke und Beschaffenheit des Isolators abhängt, geringer ist als die elektrische Spannung der inneren Belegung. Wie ich aber schon früher in diesem Paragraphe bemerkt habe, war die Schichte im inneren Gefäss auch stets um ein Beträchtliches höher als im äusseren. Die absolute Höhe hing natürlich von der Stärke der elektrischen Zuleitung, vom Barometerstand und Feuchtigkeitszustand der Luft ab. Doch damit ich ein Beispiel gebe, will ich innere und äussere Höhe so anführen, wie ich sie am öftersten bei meinen Versuchen bekam: Höhe der inneren lebhaften Schichte 7—8 Linien, Höhe der äusseren lebhaften Schichte 4—5 Linien.

Es ist also hiedurch experimentell nachgewiesen, dass die Höhe der Schichte von der elektrischen Spannung der sie bildenden Flüssigkeit abhängig und eine mit ihr zugleich steigende und fallende Function derselben ist. Bedenke ich gleichzeitig, dass bei sonst gleichen Umständen die Schichten-Aufsteigung selbst jedenfalls eine gleichzeitig steigende und fallende Function der Abstossung der gleichnamig elektrisirten Theilchen der isolirenden Flüssigkeit ist, so ist mir schon hier vergönnt, folgenden interessanten theoretischen Satz als experimentell erwiesen hinzustellen. Die Abstossung der gleichnamig elektrischen Theilchen eines flüssigen Isolators, ist eine mit der elektrischen Spannung der Flüssigkeit zugleich steigende und fallende Function derselben. Ein Instrument, durch exacte Messungen und zwar nicht der Schichte, sondern direct der Abstossung gleichnamig elektrisirter Theilchen einer isolirenden Flüssigkeit,

hier tiefer einzudringen, findet man im §. 7 angegeben. In schöner Harmonie mit dem hier experimentell bewiesenen, im §. 3 schon benützten theoretischen Satz stand auch die Beobachtung, dass die innerste Schichte eine viel lebhaftere Bewegung zeigte als beide andern Schichten. Schon durch den eben erhaltenen Satz zeigt sich die theoretische Fruchtbarkeit, der Zusammenstellung des Apparates, der bei den diesem Paragraphe zu Grunde gelegten Versuchen gebraucht wurde. Die nähere Untersuchung des experimentellen und theoretischen Gebrauches dieser Zusammenstellung für ein anderes äusserst wichtiges Problem muss ich einer späteren Abhandlung vorbehalten. An der in's innere Gefäss bei diesem Experiment getauchten Glasröhre konnte ich kein Aufsteigen bemerken, wohl gerade weil die Flüssigkeit zu heftig gegen die äussere Glaswand getrieben wurde.

Ich glaube, die im §. 2 und §. 4 zerstreut betrachteten Bewegungen isolirender Flüssigkeiten bilden ein genügend wichtiges Erscheinungsgebiet, um es mit einem neuen Namen zu bezeichnen. Ich schlage hierzu folgenden vor: „Elektrostatische Wanderung flüssiger Isolatoren“, weil er in klarer Weise andeutet, dass wir es mit Bewegung flüssiger Isolatoren in Folge von Spannungs-Elektricität zu thun haben.

§. 5. Wenn aber das Terpentinöl nicht als Isolator einer Leidner Flasche dienen kann, und zwischen zwei Metallflächen eingeschaltet keine Ladung gestattet, warum nennt man es einen Isolator und findet es in allen Büchern, auch in denen, die speciell von Reibungselektricität handeln, wie in dem Meisterwerke von Riess[1]) als guten Isolator aufgezählt? Ich selbst hatte wohl manche Thatsache entdeckt, die ich nur erklären konnte, wenn ich mir Terpentin als flüssigen Isolator in der eigenthümlichen Bedeutung des Wortes, wie ich sie im §. 2 bezeichnet habe, vorstellte, doch waren ja bisher sowohl diese Thatsachen als diese Vorstellungsweise eines flüssigen Isolators unbekannt.

Um über den hier angezeigten Zweifel Aufschluss zu erhalten, musste ich zu solchen Quellen meine Zuflucht nehmen, die mir

---

[1]) Riess führt in seiner Lehre von der Reibungselektricität 1. Bd., pag. 29 die Öle als Nichtleiter auf.

zugleich die Methode angaben, nach welchen sie die Öle als Isolatoren bestimmt hatten und da fand ich nur 2, die Bestimmungen, welche Priestley in seiner Geschichte der Elektricität[1]) mittheilte, und die Messungen, welche Rousseau mit dem Diagometer[2]) ausführte. Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes werde ich die Leser dieser Abhandlung mit den Mittheilungen beider Physiker um so mehr vertraut machen, als die Versuche Priestley's mich zu jenen Versuchen anregten, durch die es mir gelang den vollständigen experimentellen Beweis für die Richtigkeit meiner Vorstellungsweise der flüssigen Isolatoren zu führen. Am besten geeignet, den Leser auf die Höhe der Thatsachen zu stellen, scheint mir das einfache Citat dessen, was Gehler l. c. enthält.

„8. Besonders vollkommene Isolatoren sind die fetten Öle. Dieses zeigte Priestley durch viele Versuche. Wurde die äussere Belegung der Batterie in gute leitende Verbindung mit Öl gebracht und ein Metalldrath der mit der inneren Belegung verbunden war, der Oberfläche des Öles genähert, so wurde dieses bis auf eine Höhe von 0·75 Zoll erhoben und die Ölsäule war um so dicker, je näher der Drath dem Öle kam, ohne dass die Ladung sich auffallend verminderte. Auch als die äussere und innere Belegung der Batterie an 10′ lang mit einem Teller voll Baumöl in Verbindung gebracht wurde, war die Ladung nicht mehr zerstreut als wenn gar keine solche Communication stattgefunden hätte. Dieselbe isolirende Eigenschaft beobachtete Priestley auch an den ätherischen und empyrheumatischen Ölen, so wie den natürlichen Balsamen. Der Äther verhält sich als ein Nichtleiter, dagegen nähert sich der Weingeist, selbst der absolute Alkohol, schon sehr dem reinen Wasser hinsichtlich seines Leitungsvermögens.“

Als ich dies gelesen hatte, musste mir sehr merkwürdig erscheinen, dass nachdem schon Priestley die Ölsäule bemerkt hatte, die auch ich zwischen dem genäherten Finger und der Oberfläche des Terpentinöles bei einem der im §. 3 beschriebenen Versuche beobachtet habe[3]), es mir doch noch 90 Jahre

---

[1]) In's Deutsche übersetzt von Krünitz 1772, citirt in Gehler Bd. 36, ad pag. 190.

[2]) Ann. de Chim. et Phys. T. XXV, pag. 373.

[3]) Ich bemerke nur historisch und keineswegs mein Verdienst zu erhöhen, dass, als ich die §§. 2—4 geschilderten Versuche anstellte, ich das im Text abgedruckte Citat nicht kannte.

später vergönnt war, die wahre Beschaffenheit flüssiger Isolatoren und die in Folge derselben stattfindenden elektrostatischen Wanderungen als neue Entdeckungen auffinden zu können [1]).

Lässt sich aber die Mittheilung Priestley's, dass bei seinen Beobachtungen die Ladungen nicht auffallend vermindert wurden, ja bei dem Versuche mit dem Teller noch nach 10 Minuten nicht zerstreut waren, mit der Thatsache vereinen, dass Terpentinöl zwischen Metallflächen als Isolator nicht dienen kann. Die Leser zu orientiren, deutete ich die nach meiner Vorstellungsweise giltige Erklärung hiefür schon im §. 2 an. Hier scheint mir nun der geeignetste Ort zu sein, die von mir selbst in dieser Beziehung angestellten Versuche ausführlich zu beschreiben.

Ich nahm eine ganz gewöhnliche Leidner Flasche, und verband einen dünnen Metalldrath leitend mit der äusseren Belegung so, dass ich über ein Ende desselben frei verfügen konnte. In eine mittelgrosse gläserne Schale mit dicken Wänden goss ich bis ungefähr 0·75″ vom Rande Terpentinöl und tauchte in dasselbe nahe an einem der Ränder den eben erwähnten, mit der äusseren Belegung der Leidener Flasche verbundenen Drath. Hierauf lud ich die Leidener Flasche in einer Versuchsreihe regelmässig mit 10 ziemlich gleichförmigen Umdrehungen der Elektrisirmaschine, bei einer zweiten Versuchsreihe mit 15 ähnlichen Umdrehungen, berührte ich sodann mit der einen Kugel des Ausladers den Knopf der Flasche und näherte die andere Kugel dem Terpentinöl, so zeigte dasselbe bei grösserer Annäherung eine ungemein lebhafte Bewegung. Ich näherte hierbei die Kugel dem Terpentin natürlich an einer Stelle, die von derjenigen möglichst entfernt lag, wo der Drath in die Flüssigkeit eintauchte, damit nicht eine directe Entladung zwischen dem Drath und dem Auslader durch die Luft hindurch stattfinden könne. Wenn ich die Kugel dem Terpentinöl bis auf 5—6‴ genähert hatte, bildete

---

[1]) Die im §. 6 vorkommenden Citate aus Faraday werden zeigen, dass der grosse und glückliche Experimentator keine Ahnung der von mir gemachten Entdeckungen hatte. In der neuesten Abhandlung über elektrische Vertheilung, die ich mir verschaffen konnte, in der von Siemens 1856 verfassten (Pogg. Ann. Bd. 102), findet man keine Spur derselben, sondern es ist sogar daselbst noch von Vertheilungs-Coëfficienten für flüssige Isolatoren die Rede.

Marbach sagt über fette Öle im Artikel über Leiter und Nichtleiter Band 4 seines Lexikons nichts, als dass sie für Nichtleiter gelten. Im Kopp'schen Jahresbericht für 1857 kommt nichts Einschlägiges vor.

sich jedesmal eine trombenförmige Ölsäule, in der eine lebhafte Bewegung der flüssigen Theilchen bemerkbar war [1]).

Zugleich fand eine allgemeine Bewegung in der Flüssigkeit der Schale Statt, in welcher man leicht zwei Mittelpunkte unterscheiden konnte, nämlich den eingetauchten Drath und die Ölsäule. Die Einzelheiten dieser Bewegungs-Erscheinungen beobachtete ich zuerst mittelst der Schattenrisse, welche die Flüssigkeitswellen bei Lampenlicht auf die Tischplatte warfen. Später machte ich sie mir durch Korkstaub, den ich mir durch das Reiben eines Korkes gegen eine Feile verschaffte, in weniger subtiler Art ersichtlich. Diese Bewegungs-Erscheinungen dauerten fort, wenn die Kugel der Oberfläche der Flüssigkeit immer mehr genähert und endlich in die Flüssigkeit selbst eingetaucht wurde, wo dann Drath und Kugel die Mittelpunkte der Bewegung waren. Diese waren am Anfange am heftigsten und nahmen in sehr merklicher Weise mit der Zeit ab, ohne dass sie aber auch noch nach Verlauf von 10 Minuten völlig aufgehört hatten.

Es stimmt dies auf das Schönste mit dem im §. 4 nachgewiesenen Satze, dass die Abstossung der Theilchen der Spannung proportional ist.

Sowohl die anfängliche Heftigkeit der Bewegungen, als die nachherige Verminderung derselben war an der Kugel des Ausladers am sichtbarsten. Am Rande der Glasschale beobachtete ich auch bei diesem Versuche eine Schichten-Aufsteigung, welche in der Nähe der Kugel des Ausladers am höchsten war.

In einem einzigen Falle näherte ich die Kugel des Ausladers unter der Oberfläche des Terpentinöls der Spitze des Drathes so lange, bis bei einer Annäherung auf ungefähr 0·5‴ eine Funkenentladung mit heftiger Detonation, aber ohne Entzündung der Flüssigkeit stattfand.

In den meisten Fällen beobachtete ich mit Hilfe einer Ankeruhr die durch ihren Secundenzeiger Minuten mit annähernder Genauigkeit zu controliren erlaubte, die Zeit, welche die Kugel des Ausladers mit dem Terpentinöl in Contact war, und hierauf die Helligkeit und Schlagweite der Funkenentladung, die an der Leidner Flasche nach Unterbrechung des Contactes der Kugel mit dem Öl auf gewöhnliche Art bewirkt wurde.

---

[1]) Bei Lampenlicht bemerkte ich diese Bewegung der Theilchen in der Ölsäule besser als bei Tageslicht.

Bei den Versuchen mit 10 Umdrehungen beobachtete ich nach 5′, nach 7′ und 10′ des Contactes die Entladungsfunken. Sie nahmen natürlich ab, doch waren sie nach 5′ recht lebhaft und noch nach 10′ vollkommen bemerklich.

Wenn ich die Flasche ihrem natürlichen Ladungsverlust an die Luft überliess, ohne die innere Belegung durch den Auslader mit dem Terpentinöl in leitende Verbindung zu bringen, so war die Funkenentladung nach 5′, 7′ oder 10′ jedenfalls an Helligkeit und Schlagweite weit bedeutender als in den entsprechenden früheren Fällen.

Bei den Versuchen mit 15 Umdrehungen beobachtete ich nach 5′ und 6′ des Contactes die Entladungsfunken. Nach 5′ waren sie sehr lebhaft, nach 8′ immerhin noch sehr merklich. Doch waren sie auch hier bei blossem Verlust an die Luft sowohl nach 5′ als nach 8′ heller und länger. Um mich den Priestley'schen Versuchen in der äusseren Form mehr anzunähern, wand ich ein Stückchen Kupferdrath um die dünne Verbindungsröhre des Ausladers, verklebte eine Spitze des Drathes mit Wachs und tauchte die andere statt der Kugel des Ausladers in's Terpentinöl, bei einer sonst unveränderten Wiederholung der eben beschriebenen Versuche. Ich beobachtete nach 2′, 3′ und 6′ des Contactes. Nach 2′ und 3′ bekam ich sehr lebhafte Funkenentladungen, deren Schlagweite ungefähr 5‴ betragen haben mag, nach 6′ waren die Funkenentladungen schon viel schwächer.

Nach diesen sämmtlichen Versuchen waren mir die Angaben Priestley's völlig begreiflich. Dass nach seinen Angaben die Isolation noch besser gewesen wäre, als ich sie fand, kann man ohne Bedenken durch verschiedene Güte des Terpentinöls, verschiedenen Feuchtigkeitszustand der Luft, ferner bei den ersteren Versuchen durch die grössere Oberfläche der Kugel, bei den letzteren durch sehr wohl bemerkbares Ausblasen der Elektricität an den scharfen Drathwindungen erklären. Jedenfalls genügten meine Versuche, Terpentinöl nach den Definitionen aller Lehrbücher als Nichtleiter zu charakterisiren und zugleich verglichen mit den Versuchen des §. 2, wo sich die Unmöglichkeit der Flaschenladung bei grossen Flächen und das gleichzeitige Wallen der Flüssigkeit zwischen diesen Flächen kundgab, meine Vorstellungsweise über die Beschaffenheit flüssiger Isolatoren zu begründen. Während dem Laden der Flasche

bemerkte ich bei allen erzählten Versuchen ein leichtes Wallen des Terpentinöles an der Stelle, wo der mit der äusseren Belegung verbundene Drath in dasselbe eintauchte. Man hat sich dies folgendermassen zu erklären:

Ein Theil der in der äusseren Belegung abgestossenen positiven Elektricität strömt durch die Drathspitze auf das Terpentinöl über, sie ladet nun die dem Drath benachbarten Theilchen, wie bei jedem andern Isolator, während diese aber bei einem starren Isolator sich nicht bewegen können, werden sie bei einem flüssigen Isolator vermöge ihrer leichten Verschiebbarkeit und der Abstossung gleichnamiger Elektricität vom Drathe fortgetrieben, durch andere unelektrische daher ersetzt, an denen sich der Vorgang wiederholt. Ich erläuterte dies so genau, weil ich glaube dadurch meine Vorstellungsweise des flüssigen Isolators noch mehr in das rechte Licht zu setzen.

Mit beigefügter Angabe der Bestimmungsmethode konnte ich ausser den Versuchen Priestley's nur noch die Bestimmungen über Isolationsfähigkeit der flüssigen Körper auffinden, welche Rousseau [1]) mit seinem Diagometer ausführte. Der Apparat Rousseau's bezweckte, die relative Isolationsfähigkeit oder das relative Leitungsvermögen verschiedener Flüssigkeiten zu bestimmen.

Eine trockene Zambonische verticale Säule wird mit ihrem unteren Pole mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt, während ihr oberer Pol durch einen Metalldrath mit einem isolirt verticalen Stifte communicirt, auf welchem eine horizontale, schwach magnetische Stahlnadel im magnetischen Meridian schwebt. In der nämlichen Höhe mit der Nadel und in einer Entfernung vom Stifte, welche fast der halben Länge der Nadel gleich ist, findet sich eine, ebenfalls mit dem oberen Pol der Säule in leitender Gemeinschaft stehende, übrigens isolirte Metallkugel oder ein Scheibchen von Metall, welches so angebracht ist, dass es gerade vor dem einen Ende der Nadel steht. Da sich nun die Elektricität des oberen Poles sowohl in das Scheibchen als in die Nadel verbreitet, so muss hierdurch eine Abstossung entstehen, welche die Nadel von dem Scheibchen abzulenken strebt. Nach einigen Oscillationen wird die Nadel zuletzt unter einem gewissen Ablenkungswinkel vor dem Scheibchen

[1]) Ann. de Chim. et Phys. T. XXV, p. 373.

stehen bleiben; die Zeit nun, in welcher die Nadel zur Ruhe kommt und das Maximum der Ablenkung erreicht, ist grösser oder kleiner, je nachdem man auf dem Wege, den die Elektricität von der Säule bis zum Scheibchen hat, Flüssigkeiten von schlechterem oder besserem Leitungsvermögen einschaltet, und durch Vergleichung dieser Zeiten für verschiedene Flüssigkeiten lassen sich ungefähr grössere oder kleinere Differenzen ihres Leitungsvermögens bestimmen. Auf diese Weise fand Rousseau, dass das Olivenöl ein viel geringeres Leitungsvermögen als die meisten anderen Öle besitzt. Bei Buchecker- und Mohnöl waren nur 27″ erforderlich, um die Ablenkung hervorzubringen, welche beim Olivenöl erst nach 40″ eintrat.

Dass Rousseau überhaupt bei Ölen eine solche messbare Verzögerung erhielt, erklärt sich aus meiner Theorie, wenn in Verhältniss zur Grösse der metallischen Oberflächen, welche die Leitung durch die Flüssigkeiten vermittelten, viel Elektricität durchzuleiten war. Von Bewegung der Flüssigkeit konnte er nichts bemerken, da er die eingeschaltete Röhre gänzlich mit Flüssigkeit gefüllt hatte. Doch kann seine Idee zu manchen bei der weiteren Ausbildung meiner Theorie wichtigen numerischen Bestimmungen mit Vortheil benützt werden.

§. 6. Wie ist es aber erklärlich, dass Faraday und spätere Schriftsteller Vertheilungs-Coëfficienten für Terpentinöl und Steinöl angaben, was doch die Möglichkeit einer Flaschenladung mit denselben als Isolatoren selbstverständlich voraussetzt, während die gegenwärtige Abhandlung die Unmöglichkeit einer solchen behauptet? Sieht man hier näher zu, so findet man, dass alle späteren Schriftsteller sich an Faraday's Versuche hielten. Cornelius z. B. beginnt den betreffenden Paragraph[1] „nach Versuchen Faraday's". Riess theilt in den §§. 370 bis 374[2] das Verfahren mit dem Faraday'schen Vertheilungs-Apparat, sammt dem Verzeichniss der von Faraday betrachteten Stoffe mit, schliesst aber mit den vorsichtigen Worten: „Ich übergehe die Zahlenwerthe, denen keine allgemeine Giltigkeit beigelegt werden kann, da die Zwischenlagen zwischen den Belegungen der Flasche niemals vollständig, zuweilen

---

[1]) Die Lehre von der Elektricität und dem Magnetismus. Leipzig, Otto Wiegand, p. 41, §. 28.

[2]) Die Lehre von der Reibungs-Elektricität, 1. Bd., p. 356—359.

sogar nur mit einer Belegung in Berührung waren." Ich brauche mich daher bezüglich der angeblichen Vertheilungs-Coëfficienten des Terpentinöls und Steinöls nur mit den entsprechenden Bestimmungen Faraday's zu beschäftigen, welche er in der 11. Reihe seiner Experimental-Untersuchungen mittheilt. Durch die Gewissenhaftigkeit, Klarheit und Genauigkeit, mit welcher der grosse Experimentator erzählt, wie er mit seinem Vertheilungs-Apparat bei Terpentinöl und Steinöl verfuhr, den Vertheilungs-Coëfficienten zu bestimmen, versetzt er mich in die glückliche Lage, statt jeder Polemik die betreffenden 2 Paragraphe selbst als schönste Bestätigung dieser Abhandlung in Anspruch nehmen zu können. Zum vollständigen Verständniss derselben, welche ich als äusserst wichtig für diese Abhandlung hier abdrucken lassen muss, wird die Kenntniss des Faraday'schen Vertheilungs-Apparates vorausgesetzt. Ich glaube die Erklärung eines so allgemein bekannten Apparates in eine akademische Schrift nicht aufnehmen zu dürfen, bitte aber den Leser, der ihn nicht gegenwärtig hätte, eine der in der Anmerkung angegebenen, mit einer Abbildung versehenen Auseinandersetzungen desselben nachzusehen[1]), bevor er das folgende Citat liest. Faraday sagt: „1281. Rectificirtes Terpentinöl. — Ich füllte den Apparat I in seiner unteren Hälfte mit dieser Flüssigkeit und da er eine Ladung nicht fest genug hielt, um sie erst messen und dann theilen zu können, so lud ich den Apparat II, welcher blos Luft enthielt, theilte seine Ladung mit Apparat I durch eine schnelle Berührung und mass den Rückstand im Apparate II. Wenn theoretisch genommen ein schneller Contact zwischen den beiden Apparaten eine Theilung zu gleicher Spannung bewirken sollte, doch ohne merklichen Verlust wegen Leitungsvermögen des Apparates I und dennoch Apparat II eine Ladung von grösserer Spannung als die Hälfte der ursprünglichen behielt, so musste dies anzeigen, dass das Terpentinöl ein geringeres specifisches Vertheilungsvermögen als die Luft besass. Bei einem Versuche dieser Art gab Apparat II für seine Ladung vor der Theilung mit Apparat I 390°, nach derselben 175°, was weniger ist als die Hälfte von 390°. Die Ladung von 175°

[1]) Müller, Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik, I. Bd., p. 56—68. — Riess, Lehre von der Reibungs-Elektricität, I. Bd., p. 356—359. — Poggendorff's Annalen der Chemie und Physik, 46. Bd., 11. Reihe der Experimental-Untersuchungen Faraday's.

abermals getheilt, gab 79°, was auch weniger als die Hälfte ist. Die Ladung von 79° noch einmal getheilt, fiel auf 36°, ebenfalls weniger als die Hälfte von 79°. Das sind die besten Resultate, welche ich erhalten konnte. Sie sind nicht unvereinbar mit der Annahme, dass das Terpentinöl ein grösseres specifisches Vertheilungsvermögen als die Luft habe, allein sie beweisen es nicht, weil das Verschwinden von mehr als die Hälfte der Ladung blos von dem Leitungsvermögen der Flüssigkeit herrühren konnte." — „1282. Steinöl. Diese Flüssigkeit gab Resultate von ähnlicher Art und Richtung als das Terpentinöl."

Hier gesteht Faraday selbst zuerst mit deutlichen Worten, dass der mit Terpentin zur Hälfte gefüllte Apparat keine Ladung hielt, wie es nach meinen Versuchen sein musste. Dass er nach einer, wie er selbst sagt, schnellen Berührung Elektricität im Apparate II zurück behielt, erklärt sich völlig aus der Raschheit der Berührung. Dass mehr wie die Hälfte der Ladung verloren ging, erklärt sich aus der Mittheilung der Elektricität an die der Metallfläche zunächst liegenden Flüssigkeitstheilchen, die dann, abgestossen, anderen Platz machten u. s. f. In dieser Vorstellungsart liegt selbstverständlich, dass grössere schon angesammelte Ladungen eine gewisse endliche, wenn auch ausserordentlich kleine Zeit zu ihrer Entladung brauchen. Es zeigt sich also die Faraday'sche Beobachtung als ganz übereinstimmend mit meinen Versuchen und Vorstellungen. Es sei mir aber vergönnt anzumerken, wie sich gerade hier, wo ihm die richtige Vorstellungsweise noch fehlte, die geistige Grösse des berühmten Physikers am besten zeigt, indem er am Schluss al. 1281 selbst das Ungenügende seiner Auslegungsweise bespricht. Auch schon an einem frühern Versuche [1]) bemerkte Faraday, dass Terpentinöl in Contact mit einer grossen Metallfläche keine Ladung annimmt, obwohl er es sonst als guten Isolator fand. Hätte er diese seine Beobachtung mit der Priestley's verglichen, so hätte er a priori auf die Anschauungsweise kommen müssen, die ich experimentell fand.

Ich erwähnte schon früher, dass auch Siemens' Vertheilungs-Coëfficienten für flüssige Dielectrica nach eigenen Messungen mittheilte, was also noch besprochen werden muss. Siemens [2]) be-

---

[1]) 11. Reihe 1172.

[2]) Über Ladungsströme und elektrostatische Induction. Pogg. Ann. CII. 66.

stimmte Vertheilungs-Coëfficienten für geschmolzenen Stearin und Schwefel und wandte die Methode an, eine continuirliche Reihe von Ladungs- oder Entladungsströmen durch ein empfindliches Galvanometer zu leiten und zur Commutation, welche hierbei erforderlich ist, bediente er sich des bei seinen Zeigertelegraphen angewendeten, nach Neef'schem Princip construirten selbstthätigen Stromunterbrechers, welcher mit drei Daniell'schen Elementen in Bewegung gesetzt 60·2 Oscillationen in der Secunde machte. Bedenkt man, dass der Übergang der Elektricität vom Metall zur Flüssigkeit eine gewisse Zeit erfordert, dass die dem Übergange vorausgehende momentane Induction bei den vielen umgebenden Flüssigkeitstheilchen viel kräftiger sein muss als bei Luft, dass ferner noch sehr wenig vom Metall entfernte, geladene Theilchen durch die Entladung an die Metallfläche zurück angezogen werden müssen, so sieht man, dass auch die von Siemens angestellten Beobachtungen sich aus meiner Vorstellungsweise erklären lassen. Ja noch mehr, für die Zeit, welche die Elektricität zum Übergange vom Metall zur Flüssigkeit bedarf, ferner für die Geschwindigkeit der Fortbewegung der abgestossenen Flüssigkeitstheilchen bietet vielleicht die von Siemens angewandte Methode den einzigen quantitativen Anhaltspunkt. Bedenkt man noch die so sehr verschiedene flüssige Beschaffenheit geschmolzenen Schwefels und Stearins in Vergleich mit Ölen, so sieht man, dass hier sogar eine Wiederholung meiner Versuche nöthig wäre, bevor ich die bei Ölen erhaltenen Resultate auch in diesem Falle als unbedingt massgebend hinstellen könnte; daher kann man aber um so weniger aus den Versuchen von Siemens gegen meine Ergebnisse bei Ölen Zweifel schöpfen.

§. 7. Indem ich nachdachte, wie ich die wechselseitige Abstossung der mit Elektricität geladenen flüssigen Theilchen des Terpentinöls quantitativ erforschen könne, fiel mir das elektrische Flugrad ein. Das Aufhören der Drehung desselben im luftleeren Raume hatte dargethan, dass die Vergleichung desselben mit der Segner'schen hydraulischen Maschine unrichtig war und hatte die Erklärung Cavallo's zur herrschenden gemacht, wie man sie z. B. in Marbach's physikalischem Wörterbuch als unzweifelhaft adoptirt findet. Cavallo's Ansicht [1]) war, dass die Bewegung von einer

[1]) Vollständige Abhandlung über Elektricität, Bd. I, p. 247.

wechselseitigen Zurückstossung der Luft und der Spitze abhängt, indem die an die Spitze angrenzende Luft durch Mittheilung eine gleichartige Elektricität mit derjenigen des Flugrades erhält, gleichartig elektrisirte Körper sich aber abstossen. Gehler erklärte sich gegen diese Ansicht, da die ausströmende Elektricität auf die nachfolgende keine stärkere Zurückstossung ausüben könne als sie schon vor dem Ausströmen ausübt, und also auch unabhängig vom Ausströmen die Drehung des Flugrades erfolgen sollte. Durch die in den früheren Paragraphen geschilderten Versuche hatte ich die hohe Bedeutung der wechselseitigen Abstossung isolirender Theilchen kennen gelernt, und so dachte ich an eine dritte Erklärung, die übrigens der von Cavallo jedenfalls viel verwandter ist als der von Gehler. Die Abstossung der Theilchen ist natürlich dort stärker, wo die Theilchen in grösserer Anzahl und mit grösserer Intensität geladen werden. Dies findet an der Spitze Statt, und so stellte ich mir die Bewegung des Flugrades zwar zum Theil auf die von Cavallo angegebene Art, zum Theil durch Ungleichförmigkeit der wechselseitigen Abstossung der umgebenden gasförmigen Theilchen bewirkt vor. Mochte ich aber den Erklärungsgrund von Cavallo oder den aus meinen Ansichten von flüssigen Isolatoren abgeleiteten für den richtigen halten, in beiden Fällen konnte ich mir denken, das Flugrad werde in Terpentinöl sich bewegen, während dies nach Gehler's Ansicht nur dann möglich wäre, wenn man sich Elektricität als dichtere Flüssigkeit als Terpentinöl dächte. Ich liess daher ein kleines Flugrad aus einem Messingblättchen ausschneiden, das in der Mitte eine runde Öffnung hatte, mit welcher es über ein dünnes cylindrisches Metallstäbchen geschoben wurde. Durch ein Kügelchen, grösser als die Öffnung des Rades, wurde es am unteren Ende des Stäbchens um seine Axe frei beweglich festgehalten. Das Stäbchen wurde an einer Hartgummiplatte, so dass man ihm Elektricität zuleiten konnte, angekittet. Ein gewöhnliches unbelegtes Glasgefäss wurde mit Terpentinöl gefüllt, die Hartgummiplatte auf den oberen Rand so gelegt, dass das Rad sich in der Flüssigkeit befand, und Elektricität zugeleitet. Das Rädchen drehte sich äusserst rasch, dass man manchmal kaum mit dem Auge folgen konnte. Bei einem Glasgefässe, das schon frühere Versuche mir als ziemlich leitend gezeigt hatten, war die Bewegung dauernd. Bei andern Glasgefässen mit dicken nichtleitenden Wänden nahm die Bewegung

nach einiger Zeit ab, und endlich stand das Rad still, was sich dadurch erklärt, dass die starke Ladung des Terpentinöls die Ungleichförmigkeit zwischen Spitzen- und Bogenwirkung vermindert. Während der ganzen Zeit und auch nachher, war an den Glaswänden eine Schichtenaufsteigung bemerkbar. Ein ganz auf dieselbe Art angestellter Versuch mit destillirtem Wasser zeigte auch bei der lebhaftesten Elektricitäts-Zuleitung keine Spur einer Bewegung des Rades.

Durch diese Versuche war, wie auch schon durch die Versuche im luftleeren Raume, die Analogie mit der Segner'schen hydraulischen Maschine als für das Flugrad unanwendbar gezeigt. Ob aber die so lebhafte Bewegung in Terpentinöl nach Cavallo's Erklärungweise der Bewegung in der Luft von einer wechselseitigen Zurückstossung der Spitze und des Terpentinöls herrühre, oder wie die elektrostatische Wanderung flüssiger Isolatoren von wechselseitiger Repulsion der im flüssigen Aggregatzustand beweglichen, aber incompressiblen Öltheilchen, oder ob beide Ursachen zusammenwirken und in welchem Masse, war noch völlig unentschieden.

Folgender Versuch gibt hierüber nach meiner Meinung Aufschluss. Wenn ich, nachdem ich das Rädchen durch Zuleitung längere Zeit gedreht hatte, den Zuleiter rasch entfernte und das Metallstäbchen, an welchem das Rädchen hing, ableitend berührte, so zeigte sich eine neue drehende Bewegung des Rädchens durch Entladung, und zwar in derselben Richtung wie früher. Diese Bewegung war besonders lebhaft, wenn ich, nachdem das Rädchen schon stille stand, Elektricität noch lange und in grosser Menge mittheilte, wo dann die Erscheinung bei der Entladung kaum der Erscheinung bei der Ladung und Zuleitung nachstand.

Betrachtet man einen mit der Erde ableitend verbundenen Leiter und sich an demselben ausladende Flüssigkeitstheilchen, so kann man nicht umhin, eine Anziehung zwischen beiden anzunehmen. Diese Anziehung müsste aber bei der Ausladung durch die Natur der Spitze die entgegengesetzte Wirkung der Ladung hervorbringen, d. h. es müsste sich das Rad in der Richtung der Spitze, also in der entgegengesetzten von früher drehen. Obwohl ich mehrmals beim ersten ableitenden Berühren ein Zucken des Rädchens in solcher entgegengesetzter Richtung zu bemerken glaubte, so war doch unzweifelhaft mit der Ableitung eine sehr rasche Drehung des Flug-

rades in der ursprünglichen Richtung verbunden, die der Drehung bei der Zuleitung nur unbedeutend nachstand. Hier konnte ich mir als Ursache nur die ungleiche Wirkung auf Spitze und Bogen in Folge einer vorausgehenden Wechselwirkung der Flüssigkeitstheilchen denken, und so überzeugte mich dieser zweite Versuch durch Analogie, dass auch im ersten Falle die eigentliche Hauptursache der Drehung des Rädchens die wechselseitige Repulsion der Theilchen ist. Legte ich diese Ansicht zu Grunde, so konnte ich an das Flugrad die Hoffnung knüpfen, quantitative Beobachtungen über die Repulsion geladener Flüssigkeitstheilchen vermittelst der Anzahl Umdrehungen machen zu können, die ein sorgfältig gearbeitetes Flugrad innerhalb einer gewissen Zeit bei einer bestimmten gemessenen Elektricitäts-Zuleitung unter verschiedenen Umständen und bei verschiedenen flüssigen Isolatoren constatiren liesse. Solche Beobachtungen können durch Controle der Schichtenaufsteigung zugleich zu neuen Belegen für die hier gegebene Theorie des Flugrades dienen. Doch wird vielleicht die genaue Anstellung grosse Schwierigkeit haben, was in solchen Fällen erst die wirkliche Ausführung lehrt. Als Hauptbestätigung der hier gegebenen Theorie nehme ich den Versuch mit ableitender Berührung in Anspruch, den ich daher noch einer nähern Betrachtung unterziehen will. Mir scheint jedenfalls die Drehung bei diesem Versuche darauf zu beruhen, dass sich zahlreichere und stärker repellirende, geladene Flüssigkeitstheilchen der Spitze als dem Bogen nähern. Dies kann man sich auf zweierlei Art bewirkt denken, entweder durch eine der Entladung von je einer Schichte vorausgehende stärkere Induction an der Spitze als am Bogen, oder durch den geringeren Widerstand der an der Spitze zahlreicher und vollständiger ausgeladenen Flüssigkeitstheilchen gegenüber den noch geladenen. Wahrscheinlich wirken beide Ursachen zusammen.

Zur Vermeidung jeden Irrthums füge ich noch bei, dass während ich meine Grundvorstellung über die Beschaffenheit flüssiger Isolatoren als bewiesene Wahrnehmung betrachte, halte ich die in diesem Paragraphe gegebene Theorie des Flugrades nur für die beste zur Erklärung der bisherigen Versuche allein ausreichende Hypothese [1]).

---

[1]) Einige Tage nachdem ich der kaiserl. Akademie meine Abhandlung bereits übergeben hatte, bekam ich die erste Lieferung des Lehrbuches der Elektricität von Gavarret, deutsch von Arendt, Brockhaus 1859 zur Ansicht. Ich fand

§. 8. Die theoretische Bedeutung der Ergebnisse von §. 2—6 für die gesammte Theorie von der Fortpflanzung der Elektricität, der Natur der Isolatoren und der elektrischen Influenz leuchtet zwar von selbst ein, doch behalte ich mir vor, sie nach Erledigung einiger mir zunächst obliegender experimenteller Forschungen näher auseinander zu setzen. Schon im vorigen Paragraphe zeigte sich die Fruchtbarkeit meiner Vorstellungsweise und gleichzeitig war ich daselbst gezwungen, sie auf gasförmige Isolatoren auszudehnen. Man hatte sich beim elektrischen Wind schon eine Abstossung der luftförmigen Theilchen durch den Conductor gedacht. In den Büchern, die ich las, fand ich aber nirgends ausdrücklich eine wechselseitige Repulsion der Gastheilchen durch Elektricität oder durch Elektricität vermehrte Expansionskraft derselben ausgesprochen, überhaupt nicht die näheren Einzelnheiten meiner Vorstellungsweise

---

darin das elektrische Flugrad ausführlich und zwar wörtlich nach Cavallos Theorie behandelt und am Schlusse folgende Stelle (pag. 129—132); „Füllt man das Gefäss mit einem schlechten Leiter, z. B. mit Olivenöl, Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff etc., so bleibt das Rad so lange still stehen als man nicht mit der erwähnten Metallspitze die Oberfläche der Flüssigkeit berührt und dadurch die gleichmässige Vertheilung der Elektricität aufhebt.

Füllt man das Gefäss mit Wasser oder einer andern leitenden Flüssigkeit, so bleibt das Rad in Ruhe, selbst wenn man die Oberfläche der Flüssigkeit ableitend berührt. In diesem Falle gibt jeder Theil des Apparates, Elektricität an das umgebende Mittel ab und es ist kein Grund vorhanden, wesshalb das Rad, das überall gleichmässig afficirt wird, sich nach einer bestimmten Richtung drehen sollte.“

Eine fernere Nachforschung lehrte mich, dass Gavarret aus einer Stelle einer sehr schönen, preisgekrönten Abhandlung Masson's (Etudes de photométrie électrique. Ann. d. Chim. et de Phys. III. série. 45. vol.) geschöpft und zugleich deren wesentlichen Inhalt in Bezug auf das Flugrad im obigen Citat mitgetheilt hatte.

Ich sah aus beiden Stellen, dass die Widerlegung der Ansicht Gehler's durch die Versuche mit Terpentinöl und Wasser schon vor meinen gleichbedeutenden Versuchen existirt hatte. Auf der andern Seite haben aber Masson und Gavarret noch die ältere Theorie Cavallos ohne Modification. Es ist dies ganz natürlich, da man auch von dem übrigen Inhalt dieser Abhandlung nichts in den beiden Schriften findet, sondern p. 76 des Lehrbuches von Gavarret ist sogar noch ausdrücklich mitgetheilt, dass Terpentinöl und Steinöl nach Faraday's Versuchen ein grösseres specifisches Inductionsvermögen haben als Luft. Masson und Gavarret kennen ferner den zweiten Versuch bei Terpentinöl mit ableitender Berührung nicht. Auch verlangen sie zum Gelingen des ersten Versuches die ableitende Berührung der Flüssigkeit selbst, was ich durchaus unbegründet fand. Ich glaubte daher es sei unter so bewandten Umständen das Richtige, §. 6 mit Beifügung dieser Anmerkung unverändert abdrucken zu lassen. Der Verf.

für flüssige Isolatoren, die ich auf die gasförmigen Isolatoren durch Analogie geleitet, ausdehnen zu dürfen glaube. Bei der viel grösseren Beweglichkeit gasförmiger als tropfbar flüssiger Theilchen war auch gewiss die Analogie in diesem Gebiete nur auf die hier eingeschlagene Weise *a majori ad minus*, nicht aber umgekehrt zulässig. Hierdurch erklären sich dann aber viele ältere Beobachtungen über gasförmige Isolatoren, wie z. B. viele in Gehler's physikalischem Wörterbuch unter dem Artikel Leiter [1]) mitgetheilte. Am Schlusse des §. 2 erzählte ich, dass ich bei dem daselbst betrachteten Apparate Ladungen erhielt, wenn ich Luft als Isolator benützte. Dies vereinigt sich mit der jetzt ausgesprochenen Ähnlichkeit in der Beschaffenheit flüssiger und gasförmiger Isolatoren durch Betrachtung des Umstandes, dass in gasförmigen Medien viel weniger Theilchen vorhanden sind, als in tropfbar flüssigen, daher die successiven Entladungen viel schwächere Wirkung äussern können. Bei der allgemeinen Giltigkeit der von mir entdeckten Beschaffenheit flüssiger Isolatoren, die ich mich anzunehmen für berechtigt halte, musste ich vermuthen, dass in den vielen Beobachtungen dieses und des vorigen Jahrhunderts sich schon manche Spur derselben gezeigt habe, und wirklich fand ich, nachdem ich den richtigen Standpunkt hatte, manche Beobachtungen auf, für welche erst meine Theorie eine völlig durchsichtige Erklärung zulässt. Die nähere Auseinandersetzung dieser Andeutungen will ich aber um so weniger hier ausführlich verfolgen, als die Untersuchung die den Gegenstand dieser Abhandlung bildet, nur der Anfang mehrerer verwandter Untersuchungen ist. Auf der anderen Seite schienen mir jedoch die in den §§. 2—6 mitgetheilten experimentellen und theoretischen Ergebnisse wichtig und im gewissen Sinne auch schon abgerundet genug, ihnen einen ersten selbstständigen Bericht zu widmen.

Kurz zusammengefasst sind die Ergebnisse der Untersuchung:

1. Die Theilchen (Molecüle) flüssiger isolirender Medien setzen zwar dem Übergang der Elektricität von Theilchen zu Theilchen einen gewissen isolirenden Widerstand (eine gewisse Coercitivkraft für Elektricität) entgegen, gleichzeitig sind sie aber als Theilchen eines Mediums im flüssigen Aggregatzustand sehr leicht verschiebbar.

---

[1]) Band 6.

2. In Folge dieser Verschiebbarkeit bewirken die Theilchen zwischen Metallflächen, die entgegengesetzt elektrisch sind, durch mechanische Hin- und Herbewegung successive Entladungen. Sind die Elektricitätsmengen, die den Metallflächen zugeführt werden, sehr gross und die Flächen sehr klein, z. B. Dräthe, so kann diese successive Entladung sehr lange Zeit in Anspruch nehmen, und da man durch solche Versuche die Isolationsfähigkeit bestimmt hatte, galt Terpentinöl als Isolator im gewöhnlichen Sinn. Sind aber die Flächen gross und man sucht einer von ihnen Elektricität zuzuleiten, während zwischen ihr und der andern, die mit der Erde leitend verbunden ist, Terpentinöl sich befindet, so ist man nicht im Stande Ladungen hervorzubringen. Hierdurch vereinen und erklären sich die Beobachtungen Priestley's und Faraday's.

3. Man kann also weder von Flaschenladungen noch von Residuis im gewöhnlichen Sinn bei flüssigen Isolatoren sprechen, und es sind daher um so mehr specifische Vertheilungscoëfficienten flüssiger Dielectrica unmöglich.

4. Die gleichnamig elektrisirten frei beweglichen Theilchen der flüssigen Isolatoren stossen sich wechselseitig ab. Ferner werden sie von andern genäherten ungleichnamig elektrischen Körpern angezogen, gleichnamig-elektrischen abgestossen. Hierdurch entsteht ein Erscheinungsgebiet von Flüssigkeitsbewegungen, welches durch eine Reihe von Experimenten, von denen sich manche für die Schule eignen, manche für die künftige Wissenschaftsforschung als Hilfsmittel empfehlen, in den §§. 2—6 zur Anschauung gebracht und ausführlich auseinander gesetzt wurde, und für welches mir der Name „elektrostatische Wanderung flüssiger Isolatoren" passend schien.

Schliesslich erlaube ich mir nur noch den Dank auszusprechen, welchen ich dem Herrn Regierungsrath Ritter von Ettingshausen als Director des physikalischen Institutes für die meiner Untersuchung mit gewohnter Liberalität gewährte Unterstützung schulde.